

## SUFNILABOR



**Szerkesztő: Kóczán György**

*Írtam egy könyvet a természettudományos kísérletezésről. A címe "Az őrült professzor".*

*Mark Frauenfelder*

*It vexes me when they would constrain science by the authority of the Scriptures, and yet do not consider themselves bound to answer reason and experiment.*

*Galileo Galilei*

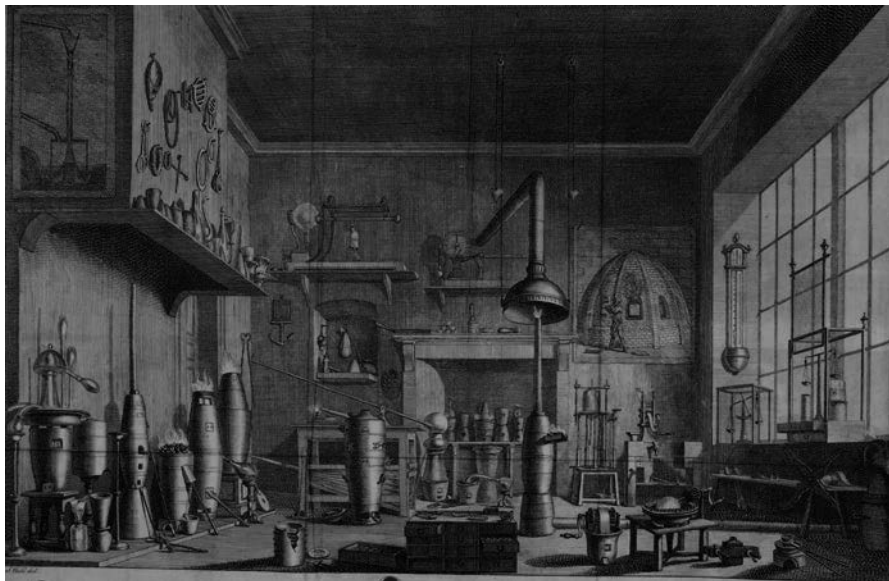
### Zöld tüzek

A tűz hosszú évszázadokon keresztül a vegyész egyik legfontosabb kísérleti eszköze volt. Az alkímisták napokig görnyedtek mágikus kemencéjük, az Atanor mellett, a mellékelt kép pedig egy későbbi, XVIII. századi kémiai laboratóriumot mutat rengeteg kemencével, tüzekkel és kéményekkel. Mára a modern laborokból szinte mindig hiányzik a nyílt láng, helyette drága, számítógép vezérelte automatákkal dolgozunk.

Nem így a sufni vegyész! Ebben a számban meglátjuk, hogy hogyan segít minket a láng anyagok azonosításában.

Kezdjünk is neki. Keressünk egy lehetőleg tömör, vastagabb rézdrótot. Távolítsuk el a szigetelését, majd egy fogó vagy facsipesz segítségével tartsuk gázlángba. *(A drót nagyon forró, ne égessük meg se magunkat, se más. Még véletlenül se fogjuk a drótot pusztá kézzel. Ne felejtjük el, hogy a drót forró, ne tegyük le a grószfater tabernákulumára, mert feszítő lesz! Legyen készenlétben pl. egy kisebb virágcserep: a kísérlet végén, vagy ha bármilyen gond támadna, ide tudjuk lerakni a drótot.)* A felizzó drót környezetében a kék láng először sárgára-zöldre színeződik, majd rövid hevítés után megszűnik a fényjelenség, a láng újra kék színű.

Érintsük most a még forró drótot egy kis tálkába kitöltött hígított sósavba, majd ismét helyezzük a gázlángba! Gyönyörű zöldeskék lángfestést tapasztalunk. Hevítjük a drótot addig, amíg a lángfestés megszűnik. Ha ismét sósavba mártjuk a drótot, a zöld tűztűnemény akárhányszor megismételhető. (A KÖKÉL 2016/3. számának címlapján is látható ez.)



Kémiai laboratórium William Lewis 1763-ban megjelent "Commercium philosophico-technicum; or, The philosophical commerce of arts: designed as an attempt to improve arts, trades, and manufactures" című könyvéből.

Mi lehet a jelenség magyarázata? Bizonyos anyagok sói a láng hőmérsékletére melegítve élénk színű fényt bocsátanak ki. A fény színe jellemző az adott anyagra: a nátrium sói sárgára, a káliuméi halványlilára, a stroncium vegyületei pirosra színezik a lángot. A réz esete egy kicsit speciális.

Porítsunk el réz-szulfátot, és a finom porból egy keveset szórjunk a lángba, esetleg egy kiizzított acéldrótra ragasztva hevítjük. Nem tapasztalunk lángfestést (illetve csak nagyon gyengét). Most ismételjük meg a kísérletet réz-klorid segítségével: igen intenzív lángfestést kapunk. A zöld láng tehát egyszerre jellemző a rézre és a kloridionra.

Amikor a rézdrótot sósavba mártottuk, egy kevés réz-klorid keletkezett a felületén, a lángban ezt mutattuk ki. (Valójában nemcsak a klorid, de a bromid- és a jodidionok is adják a reakciót.)

A legtöbb fémion esetén a lángfestésért a láng hőmérsékletén elpárolgó só fémionja a felelős: a nátriumra jellemző igen intenzív sárga fényt a magas hőmérsékleten a nátriumionok redukciójával keletkező nátriumatomok sugározzák ki. (A városokat este megvilágító sárga színű lámpákban is gázállapotú nátriumatomok világítanak. Ott a fénykeltéshez szükséges energiát persze nem a láng hőmérsékletével, hanem nagy sebességű elektronokkal való ütközés révén közöljük.)

Mi a helyzet a réz-klorid esetén? A lángban nemcsak  $\text{Cu}^{2+}$ -ionok, hanem  $\text{CuCl}^+$  molekulaionok is keletkeznek, és ezek sugározzák ki a zöldeskék fényt, ezért a rézvegyületek csak akkor mutatnak intenzív zöld lángfestést, ha halogénatomok is rendelkezésre állnak.

Egy másik érdekes (és igen varázslatos) tulajdonsága a réz-klorid lángfestésének, hogy a láng helyenként kéknek, máshol inkább zöldnek tűnik. Vajon miért? A  $\text{CuCl}^+$  ion két hullámhosszon (azaz két különböző színnel) sugároz: kék és sárgászöld színnel. A szemünk a két szín keverékét látja. Csakhogy alacsonyabb hőmérsékleten a kisebb energiájú sárgászöld fényből arányaiban több képződik, míg magasabb hőmérsékleten a kék szín dominál. Mivel a lángban különböző helyeken eltér a hőmérséklet, a láng színe is különböző lesz. Ilyen képet mutat az ehami címlapfotó.

Mire lehet ezt a látványos jelenséget használni (természetesen a bölcsészlányok lenyűgözésén túl)? Természetesen ismeretlen anyagok azonosítására, sőt mennyiségük, koncentrációjuk meghatározására.

Ismételjük meg a réz-klorid lángfestési próbát úgy, hogy a sósavba egy kevés konyhasót, azaz  $\text{NaCl}$ -t is adunk. Milyen színű lángot látunk? Sárgát. A nátrium erős lángfestése a réz-klorid zöld lángját teljesen elfedi. Mit tehetünk, hogy a réz- és nátriumionokat egyszerre is ki tudjuk mutatni? Keressünk a padláson egy szép sötétkék üveget. Drága szeszes italokat, kozmetikumokat szoktak ilyenbe tölteni. Ha nem találunk, akkor diszkótechnikai boltban lehet kapni reflektorokban használt sötétkék színszűrő fóliát, de ha más megoldás nem akad, akkor egy szintelen üvegpohárba töltünk vizet, és addig csepegtessünk hozzá kék tintát, amíg még éppen átlátunk rajta. Most a kék színszűrőnkön (üvegünkön, poharunkon) keresztül nézzük a réz-nátrium lángot. A

kék üveg kiszűri a nátrium lángfestését, és tisztán látjuk a rézét. A kísérletet természetesen végezzük el csak NaCl-dal, és csak CuCl<sub>2</sub>-dal is!

Mit tanultunk ebből a kísérletből? Azt, hogy a lángfestési próba hatékonyságát nagyban meg tudjuk növelni akkor, ha a fény különböző színű komponenseit külön-külön vizsgáljuk. Ez a gondolat nyitotta meg az utat a spektroszkópia tudománya előtt. Ez a módszer (persze a kék parfümösvégnél bonyolultabb eszközök segítségével) lehetőséget ad arra, hogy egy keverékből, például egy vízmintából szinte a teljes periódusos rendszer jelenlétét, sőt az anyagok koncentrációját is meghatározzuk. Ilyenkor persze a sufni-módszer mellé több trükk bevetése is szükséges: egyrészt sok elem nem sugároz a látható fény tartományában (pl. vas), ezért az ultraibolya tartományban is kell vizsgálnunk a kisugárzott fényt, másrészt az érzékenység növelése érdekében a szárnalmas kis gázláng helyett elektromos ívet (szikrát), vagy plazmát használunk. De nem otthon.

Ne csüggedjünk, fogunk még spektroszkópot építeni, de most térjünk vissza a kísérletekhez.

Ismét vegyük elő az izzó rézdrótunkat, és érintsük valami eldobásra ítélt műanyag darabhoz, például tejfölös pohárhoz. A drótról a lángba visszavíve leég a ráolvadt műanyag, egy kicsit füstöl, kicsit bűdös (egy jó vegyésznek ez is sokat elárul, még foglalkozunk majd vele!), de zöld lángfestést nem tapasztalunk. Most keressünk egy régi lefolyócsődarabot, vagy műanyagpadlót, és ismételjük meg a kísérletet: a láng élénkzöld színű lesz (és jó orrú kollégáink bizony a sósav szagát is kiszagolják akkor, amikor az izzó drót a műanyagot éri). Mire utal a kísérlet? Természetesen arra, hogy ezek a műanyagok halogént tartalmaznak. Az eredmény nem meglepő, ezek a tárgyak PVC-ből, poli-vinilkloridból készülnek. Ma ezt a műanyagcsaládot környezetszennyezőnek tartjuk, ahol lehet, igyekszünk elkerülni. A megismert eljárás segítségével most már a sufni vegyész bármikor képes azonosítani egy PVC mintát.

Itt álljunk meg egy pillanatra. A vegyészt a világ megismerésében sokban segíti nemcsak a szeme, de az orra is. A felhevített, hőbomlást (ún. pirolízist) szenvedő műanyagokból fejlődő jellemző szagú bomlástermékek segíthetnek azonosítani, hogy miféle műanyagról van szó. A sósav fejlődése – mint láttuk – PVC-re utal. Ugyanakkor fontos, hogy ne legyünk felelőtlenek! A legtöbb műanyag bomlásterméke nemcsak jel-

lemző szagú, de egyben mérgező is. Egy óvatos szippantás, vagy a gőzök kézzel orrunk felé legyezése bőven elég.

Természetesen nemcsak műanyagok, de más, halogéntartalmú szerves anyagok halogéntartalma is igen könnyen kimutatható az eljárással: bármikor könnyen meg tudjuk különböztetni a klórecetsavat az ecet-savtól, vagy a kloroformot az acetontól.

Említettük, hogy a próba nemcsak klórra, de a többi halogénre is jellemző. Próbáljuk ki! A hétköznapiokban brómhoz talán legkönnyebben a „kakukkfüves köptető” nevű gyógyszer formájában juthatunk, mely 1,5% NaBr-t tartalmaz. Hasonlóan, a Betadine nevű sebfertőtlenítő hatóanyaga egy jódtartalmú szerves anyag. Kérjünk nagyanyánktól pár cseppet mindkét gyógyszerből, és végezzük el a vizsgálatot. Szép zöld lángot látunk mindkét esetben. A módszer hatékonyságát mutatja, hogy ezek a gyógyszerek a halogén mellett egy csomó más szutykot (szakszóval interferáló komponens) is tartalmaznak (narancsolaj, cukorszirup stb...) a módszer mégis megbízhatóan mutatja a halogén jelenlétét. Ezt a tulajdonságot az analitikai eljárás szelektivitásának nevezzük.

Ne titkoljuk tovább: ezt a látványos és hatékony analitikai módszert Friedrich Konrad Beilstein professzor dolgozta ki, az erről szóló tanulmánya 1872-ben jelent meg. Beilstein nevét nemcsak számos fontos kémiai felfedezés tette halhatatlanná, de ő indította útjára a szerves kémia legnagyobb adatbázisát, a Beilstein kézikönyvet, mely az összes valaha leírt szerves vegyületet kereshető formában tartalmazza. Ez korábban egy szobát megtöltő több száz kötetes könyv volt, ma már természetesen számítógépes adatbázisként létezik (reaxys.com).

De térjünk még röviden vissza a Beilstein-próbához. Láttuk, hogy három halogént könnyen ki tudunk a segítségével mutatni. Mi a helyzet a negyedikkel, a fluorral? Persze talán jobb volna a sorozat legveszélyesebb, legmérgezőbb tagját, melynek hidrogénvegyülete még az üveget is megmarja, békében hagyni, de – képzeletben látva a sufni-vegyész közösség szemében a mohó csillogást – nem így teszünk. Fluort persze nem árulnak minden sarkon, elemi állapotban kishazánkban talán nincs is senkinek, de se baj, megoldjuk! Szerezzünk egy használatból kivont, kidobott régi teflonbevonatú serpenyőt. Könnyű ilyen találni, a

teflon sérülékeny, ezek az eszközök nem élnek örökké\*. A teflon pedig egy fluorvegyület (poli-tetrafluor-etilén), ami ugyan hőálló, de a vörösen izzó rézdrót hatására már hőbomlást szenved. Mivel a bomlás során itt hidrogén-fluorid fejlődik, a sav, ami még az üveggel is elbánik (képzeld el, mit tesz a tüdővel), legyünk extrémén óvatosak. A kísérletet csak a szabadban szabad elvégezni, és most még véletlenül se szaglásszuk a hőbomlás termékét!

Mit tapasztalunk? Semmit. A láng nem lesz zöld. Akkor ez egy sikertelen kísérlet volt? Dehogy! Ez egy sikeres, de negatív eredményt hozó kísérlet volt. Sikeresen megállapítottuk, hogy a Beilstein-próba a fluorra nem érzékeny, azaz szelektív a másik három halogén és a fluor között. Fontos, hogy felismerjük: egy igazi kutató a semmiből (negatív kísérletből) is sokat tud tanulni.

Szép-szép ez a kis nyamvadt zöld lángocska, de nagyobbban nem lehet? Lehet. Ehhez réz-kloridot kell készítenünk. Korábban már volt szó a higrométerekről, ahol jól használható ez a szép kék kristályos anyag. Hogyan kell  $\text{CuCl}_2$ -t készíteni? Kézenfekvőnek tűnne, hogy réz sósavban való oldásával. Csakhogy vigyázat! A réz nem oldódik sósavban. Kémiából alaposan belénk verték, hogy a pozitív fémek (a réz ilyen) nem oldódnak, csak oxidáló savakban, mint például a kénsav. Na de akkor hogyan képződött réz-klorid a sósav hatására a Beilstein-próba során? A jó megfigyelők észrevehették, hogy a rézdrót felületén az izzítás során sötétebb-világosabb területek alakultak egymásba. Ezt a szép jelenséget a réz felületi oxidálódása okozta: a felületen a körülmények függvényében réz(I)- és réz(II)-oxid keletkezett, és alakult egymásba oda-vissza. A  $\text{CuO}$  pedig oldódik sósavban réz-klorid képződése közben. Ugyan a gyakorlat számára nem hasznos módszer, de pár év alatt a rézdrót szobahőmérsékleten is feloldódna sósavban, hisz a levegő oxigénje lassan-lassan oxidálná a felületét.

Nekünk gyorsabb módszer kell. Réz-karbonátot fogunk sósavban oldani. Pontosabban – mivel réz karbonátot nehéz lenne készíteni – a bázisos változatot fogjuk elkészíteni, melynek képlete  $\text{Cu}_3(\text{OH})_2(\text{CO}_3)_2 \cdot x\text{H}_2\text{O}$ . A bázisos réz-karbonát többféle összetétellel is létezik, a termé-

---

\*Ha anyád méregdrága zsírúj teflonserpenyőjét használod, akkor alighanem le fogják tiltani a KÖKÉL-előfizetésedet, és a szerzők éhen halnak. Úgyhogy kereséj inkább lomtalanításkor!

szetben is előfordul a szép színű azurit és malachit nevű ásványok formájában.

Oldjunk fel 125 g kristályvizes réz-szulfátot 400 ml langyos vízben (használhatunk csapvizet), és külön 80 g kristályvíz nélküli nátrium-karbonátot (szódát) szintén 400 ml langyos vízben. Ha csak kristályvizes nátrium-karbonátunk van, akkor használjunk arányosan többet. A két oldatot elegyítsük állandó keverés mellett. Vigyázat! Esetleg CO<sub>2</sub> fejlődés is történhet. Ilyenkor a réz-szulfát-oldat finom permetként távozik. Ezt semmiképpen ne lélegezzük be! Az összeöntést mindenképpen a kertben végezzük! Lassan elegyítsük az oldatokat, a habzás miatt könnyen kifuthat az anyag.

Az oldatból szép világoskék, laza, túróra emlékeztető szerkezetű bázisos réz-karbonát válik le. Érdekes ez a reakció. Az ember vagy tapasztal pezsgést, vagy nem. A tavalyi kémiai OKTV döntőjén éppen erről a reakcióról volt szó. Érdekes – gyakorlásképpen – vetni egy pillantást a feladatlpra\*\*. Ez a szép kék csapadék annyira finomszemcsés, hogy kiszűrése nagyon lassú lenne, ezért az oldatot forraljuk 5-10 percig egy zománcozott lábosban. A csapadék színe a melegítés hatására zöldre változik (ezt részleges kristályvízvesztés okozza), és a szemcsemérete is látványosan nő, porszerűvé válik. A még forró oldatot szűrjük meg a korábbiakban tanult módon! A szűrőn maradó bázisos réz-karbonátot mossuk kevés forró vízzel. Az anyag még így is tartalmaz sajnos egy kevés nátrium-szulfátot (ez keletkezett a reakció során). Az anyagot lángfestési célra is kívánjuk használni. Ne felejtjük el, hogy korábban mit tapasztaltunk: a nátriumvegyületek igen intenzív lángfestése elfedi, elrontja a réz-klorid lángfestését. Tehát a nátriumsókat minél alaposabban el kell távolítani az anyagunkból. Ezt legkönnyebben úgy érhetjük el, hogy a bázisos-réz-karbonátot visszarakjuk a fazékba, fél liter tiszta vizet öntünk rá, forraljuk, majd újra kiszűrjük. Így végül nátriumszennyezés-mentes termékhez jutunk.

A bázisos réz-karbonátot tegyük egy üvegtálba, és keressünk egy műanyag kanalat (a rozsdamentes acél nem jó, megmarná a reakcióelegy). Menjünk ki a kertbe, és állandó kevergetés mellett öntsünk sósvat az anyagra, amíg teljes oldódást nem tapasztalunk. Itt ismét CO<sub>2</sub>

---

\*\*[www.oktatas.hu/pub\\_bin/dload/kozoktatas/tanulmanyi\\_versenyek/oktv/oktv2015\\_2016\\_donto/kemia1\\_flap\\_d\\_oktv\\_1516.pdf](http://www.oktatas.hu/pub_bin/dload/kozoktatas/tanulmanyi_versenyek/oktv/oktv2015_2016_donto/kemia1_flap_d_oktv_1516.pdf)

fejlődik, vigyázzunk, hogy a finom permet semmi fontosat ne szennyezzen el, és persze a tüdönket is kíméljük. A végén már cseppenként adagoljuk a sósavat, éppen csak annyit, hogy a réz-karbonát utolsó szemcséje is éppen hogy feloldódjon. Ha a sósav nagy feleslegben lenne, akkor el kéne párologtatni, és a savas gőzök mindent szétmarnának a közelben, ezért járjunk el nagyon óvatosan az adagolás során.

A kapott oldatot, ami réz-kloridot tartalmaz, tegyük meleg szellős és biztonságos helyre, ahol macska, gyerek nem esik bele, és hagyjuk a vizet elpárologni. Ne várjuk meg, hogy teljesen beszáradjon, hanem a betöményedett oldatból szűrjük ki a kivált kristályokat. Az anyalúgot hagyhatjuk tovább párologni, így egy második adag réz-kloridot is nyerhetünk. Száraz helyen szárítsuk meg a kristályokat, és tegyük jól záródó üvegbe. A termék világoskék kristályos anyag, mely mólonként 2 mol kristályvizet tartalmaz.

És most lássuk, hogy mire is jó! Ha egy acéldróton egy kis kristályt lángba tartunk, akkor szép zöld lángfestést kapunk. Lehet ezt nagyban is? Balzsamos nyáréjszakán rakjunk nagy tábor tüzet, és szórjunk egy marék finomra tört réz-kloridot a lángba (persze legyen rajtunk gumikesztyű). Akár percekre egészen misztikus színre színezhettük a lángokat. Egy másik lehetőség, hogy készítsük el a legtöményebb vizes  $\text{CuCl}_2$ -oldatot, és ebből adjunk pár ml-t 50 ml kb. 80%-os alkoholhoz. A legkönnyebb, ha veszünk egy üveg spirituszt a háztartási boltban. Ez mindenféle bűdösítő szerekkel (és egy extrém keserű anyaggal, a denatónium-benzoáttal) ihatatlanná tett alkohol. *Vigyázat! Az ilyen tömény alkohol nagyon tűzveszélyes. Figyeljünk, hogy miután kimértük az alkoholt, mindig zárjuk vissza az üveget, és tegyük is el. Az üveg közelében nem szabad gyújtogatni. Ha kifolyt az alkohol (pláne ha a kezünkre, ruhánkra), gondosan takarítsuk le, mielőtt lángot gyújtánánk. Soha (SOHA) nem szabad pár tíz milliliternél több alkoholt meggyújtani, és azt is csak szabadtéren, szélcsendben, éghető anyagtól, szénapadlástól, benzinkúttól távol. Különösen fontos, hogy a gyújtogatásnál nem lehet jelen más személy, aki megsérülhetne. A nézőknek biztonságos távolságban kell tartózkodniuk.*

Az alkoholos  $\text{CuCl}_2$ -oldatot töltsük egy pumpás dezodoros, vagy ablakmosó folyadékos flakonba. Ha ebből a flakomból permetezünk pl. tábor-tűzbe, akkor egy ártalmatlan, de nagyon látványos zöld tűzgömböt kapunk: az alkoholpermet pillanatszerűen egy mikro-robbanással ég el.



Nem lehet eléggé hangsúlyozni, hogy a kísérlet „ésszel” végrehajtva teljesen ártalmatlan, de meggondolatlanul bohóckodva hatalmas pusztítást lehet így végezni.

A permet/tűzgömb ne irányuljon senkire! Eszünkbe ne jusson a kölniszórót például ipari permetezőgépre cserélni. Úgy húsz éve egy vegyszérbálon ezt a kísérletet már elvégezték. Emberhalál nem lett, de nehéz volt az épületet eloltani.

Természetesen a réz-halogenidek lángfestésével a színes lángok témaköre nem merült ki, sőt éppen csak „karcoltuk a felszínt”. A következő számban folytatjuk témát.